

Approved For Release 2009/08/05 : CIA-RDP80T00246A007900070002-6

25 YEAR
RE-REVIEW

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

UNCLASSIFIED

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

1959

Серия биологическая

265—282

ИТОГИ РАБОТЫ УЧРЕЖДЕНИЙ ОТДЕЛЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

И. И. ТУМАНОВ

ПЕРВЫЙ ГОД РАБОТЫ СОВЕТСКОГО ФИТОТРОНА

Весной 1957 г. начала функционировать первая очередь строительства Станции искусственного климата. Это новый тип лабораторий, называемый за рубежом фитотроном (Braak and Smeets, 1956; Bouillenne et Bouillenne — Walrand, 1950; Went, 1957). Он позволяет изучать у растений жизненные явления на фоне таких разнообразных внешних условий, какие необходимы для экспериментатора.

Советский Союз — страна континентальная, и решающее значение в растениеводстве имеют здесь метеорологические факторы. От того, как складывается погода в тот или иной период жизни растения, зависит величина урожая и его качество. Наша страна обширна, и климат в ней разнообразен. Все это побуждает советского физиолога сосредоточить внимание на внешней среде, чтобы выяснить ее влияние на растения. Это задача трудная. В полевой обстановке нелегко разобраться в реакции сортов и культур на климатические условия. Погода крайне изменчива, на растения обычно действуют одновременно много факторов. При такой постановке опытов анализировать физиологические явления исключительно сложно. Поэтому и возникла мысль создать специальные климатизированные светлые и темные лаборатории, где можно было бы автоматически поддерживать тот или иной режим погоды, требуемый схемой экспериментатора. Преодолевая большие трудности как при проектировании, так и при строительстве, мы создали сложное сооружение, краткое описание которого мною уже дано (Туманов, 1957). Здесь достаточно указать, что установленные на Станции климатические машины при работе на полную мощность в состоянии ежедневно готовить для опытов 1750 т воздуха требуемого качества.

Разрабатывая устройство первого советского фитотрона, мы стремились полнее использовать для физиологических работ современную машинную технику, приспособляя ее для изучения важнейших для нашей страны народнохозяйственных вопросов. Теперь получена возможность регулировать температуру и влажность воздуха, нагревать или охлаждать почву, изменять интенсивность и качество света. Нетрудно создавать почвенную и воздушную засуху, подвергать растения суровым морозам. Построенная экспериментальная база позволяет дозировать внешние условия как в отношении их напряженности, так и продолжительности влияния. Кроме того, мы в состоянии воздействовать тем или иным внешним фактором в интересующий нас этап жизни организма.

Помимо климатических условий, для растения большую роль играет плодородие почвы. Полевые опыты с внесением удобрений недостаточны для изучения жизнедеятельности корней, и физиологи давно выращивают растения на питательном растворе вполне определенного состава. Для этого успешно применяются песчаные и водные культуры, а в последнее время привлекает внимание гравийная среда. При этом

UNCLASSIFIED

способе стремятся совместить оптимальное минеральное питание с хорошей аэрацией корневой системы. Толщу гравия заполняют питательным раствором изучаемого состава, повторяя его циркуляцию через определенные промежутки. Можно также промыть субстрат и дать после этого другой солевой режим. Устройство это позволяет в широких пределах варьировать по воле экспериментатора корнеобитаемую среду как по соотношению в ней питательных элементов, так и по величине их концентрации, а также устанавливать особенности минерального питания организма в разные фазы его развития.

Таким образом, название описываемого учреждения «Станция искусственного климата» не точно. Здесь возможно создавать не только различный климат, но и то или иное плодородие корнеобитаемого слоя. Экспериментатор стремится регулировать по своему усмотрению почти всю внешнюю среду.

Подвергая растение воздействию определенных климатических факторов, варьируя в широких пределах минеральное питание и водный режим, физиолог вызывает в организме разнообразные внутренние изменения. Для их учета приходится применять сложные методы. В последнее время были предложены некоторые новые способы. Поэтому советский фитотрон оснащается современным лабораторным оборудованием, дающим возможность использовать радиоизотопы, масс-спектрометрию, хроматографию, электрофорез, спектроскопию, электронную и флуоресцентную микроскопию, культуру изолированных тканей и органов.

Климатизирование представляет эффективный прием не только для изучения отдельных физиологических процессов, проходящих в растении, но также реакцию его как целостного организма. Фитотрон позволяет создавать особые климатический и питательный режимы отдельным органам: корням, листьям, плодам и другим, и притом в определенные моменты жизни. Наблюдая при этих условиях реакцию растения, можно углубить и расширить теоретические представления о корреляционных отношениях различных частей организма.

Таким образом, создаваемый новый тип физиологической лаборатории предназначается для изучения поведения растения: 1) в разнообразных климатических условиях, 2) при варьировании минерального и водного режимов, 3) для анализа механизма физиологических процессов.

Советский фитотрон обеспечивает условия для систематической углубленной работы по зимостойкости, засухоустойчивости, солестойкости, минеральному питанию и светкультуре растений. В соответствии с этим на Станцию переведены лаборатории перечисленных профилей. В 1957 г. здесь работало 44 научных сотрудника с обслуживающим их персоналом.

В первый год работы на Станции затрачено было много времени и труда на наладку различных машинных установок, комплектование лабораторного оборудования, разработку и освоение методик и составление тематического плана. Из-за неполной готовности экспериментальной базы нельзя было исследования поставить в полном объеме. Здесь нет возможности изложить все результаты, можно лишь указать направления работ, иллюстрируя их полученным фактическим материалом.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА

Советский фитотрон позволяет изучать влияние на растения очень большого интервала температур: уже в настоящее время работа ведется в пределах от $+45$ до -195° . В этом разделе имеется много интересных вопросов: необходимо знать оптимальный тепловой режим для разных сортов и культур в разные периоды их жизни; установить чувствительность главных видов к морозам; определить их жаростой-

кость; выяснить влияние определенных температур как на весь организм, так и на отдельные его органы; показать реакцию физиологических процессов как на длительные, так и кратковременные воздействия теплового фактора.

Продолжалось исследование холодостойкости южных культур Л. А. Незговорным и А. К. Соловьевым (1957). Они изучали поведение теплолюбивых растений при низких положительных температурах и нашли, что повреждения при этих условиях могут возникать от двух причин: 1) в результате непосредственного неблагоприятного действия холода на клетки; 2) вследствие заражения корней патогенными микроорганизмами почвы. Гибель от последнего наступает раньше. Поэтому, обрабатывая перед посевом семена, а еще лучше почву дустом фунгисидов, можно заметно уменьшить число погибших проростков, если, конечно, похолодание продолжалось не слишком долго.

Огурцы Вязниковские после охлаждения в течение одной недели на обычной почве почти полностью погибли, а при внесении же в нее препарата триметилтиурамдисульфида (0,5 г на 1 кг) выжили (рис. 1). Положительный результат наблюдался и у хлопчатника.

Подобной же обработкой почвы удалось получить хорошие всходы у кукурузы.

В холодной среде создаются благоприятные условия для заражения корней теплолюбивых патогенными микроорганизмами не только в период прорастания семян, но и после появления всходов. Поэтому обработкой фунгисидом одного только семенного материала нельзя предупредить последующее заражение, когда корни заметно углубляются. Например, на почве, обеззараженной препаратом, болгарский перец имел после охлаждения нормальную корневую систему. На такой же почве, но в которой патогенные микроорганизмы не были устранены, подземные части отмерли, что вызвало угнетение всего растения (рис. 2). Инфекция корней усложняет изучение непосредственного влияния холода на теплолюбивые, и этот фактор требуется исключать.

Если низкие положительные температуры оказывают на чувствительные к ним культуры губительное действие, то для холодостойких видов они не только не вредны, но полезны. Эти условия необходимы последним для прохождения процессов их развития. Мало изучена еще яровизация зеленых растений и семенников двухлетников. А. С. Кружилин выяснял оптимальный режим для корнеплодов. Семенники моркови наиболее быстро проходят первую стадию развития при +10 и +12°. При более холодной погоде (+1 до +2°) яровизация протекает медленнее. Успешно идет она и при колебаниях от +1 до +12°, какие часто наблюдаются в природе при смене дня и ночи.

Пониженные температуры необходимы и для интенсификации

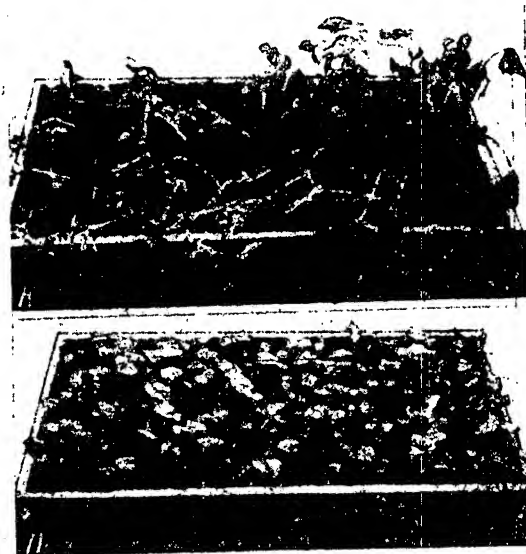


Рис. 1. Всходы огурцов Вязниковские охлажденные 7 суток при 8—14°. II — на почве, обработанной 0,5 г триметилтиурамдисульфида на 1 кг; K — на почве без добавления фунгисидов

ростовых процессов. Изучение условий, способствующих наступлению и окончанию периода покоя, составляют одну из задач Станции. В опытах Н. А. Сатаровой пшопаны (сорт Гольден Харвест) были посажены одни при $+5^{\circ}$, а другие при $+25^{\circ}$. Пониженная температура ускорила у лукович прохождение периода покоя; всходы в этом случае появились на 13 дней раньше, чем в условиях, благоприятных для роста. Спустя 30 дней растения были перенесены с $+5^{\circ}$ в помещение с $+25^{\circ}$, где они вскоре зацвели. Экземпляры, остававшиеся все время при $+5^{\circ}$ или $+25^{\circ}$, росли плохо и не цвели.

При низких положительных температурах у зимующих видов протекает и закаливание клеток по отношению к морозам. Изучение этого

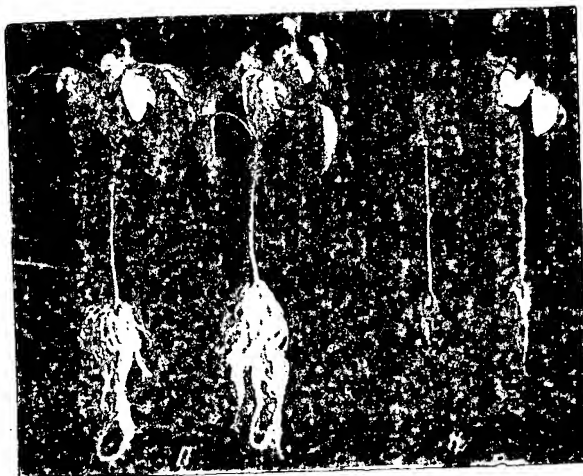


Рис. 2. Перец болгарский охлаждался 13 суток при $6-7^{\circ}$: II — на почве, обработанной 0,5 г триметилтиурамдисульфида на 1 кг; K — на почве без добавления фунгиса

явления у озимых затруднялось тем, что подобные опыты необходимо вести на свету. В природной обстановке это возможно только осенью и весной. Получить же низкие положительные температуры при достаточной интенсивности света в лаборатории технически трудно. Поэтому Т. И. Труновой совместно со мной (1957) разработан метод, позволяющий закалывать злаки и в темноте. Мною раньше было показано, что свет необходим в этом случае для накопления сахаров путем фотосинтеза (Туманов, 1931). Теперь мы попытались обогащать ткани озимых сахарами

за счет поступления их из наружного раствора. Для подобных опытов удобным объектом оказались отрезки колеоптилей, клетки которых успешно поглощают сахара извне (Туманов и Трунова, 1957). Одной недели пребывания отрезанных колеоптилей на растворе сахарозы при 0° было достаточно для последующего прохождения клетками второй фазы закаливания в течение трех дней при температуре от -3 до -4° . После описанной лабораторной подготовки все колеоптили у озимой ржи Вятка сохранялись до -17° . Процент выживших объектов определялся таким надежным методом, как отрастание колеоптилей после их оттаивания.

Одной низкой температуры недостаточно для первой фазы закаливания озимых, так как необходимо еще обогащение их клеток сахарами. Колеоптили проходят этот процесс на растворах многих сахаров: рафинозы, мальтозы и сахарозы, слабее на глюкозе и плохо на лактозе. Это различие основывается на неодинаковой способности разных сахаров накапливаться в клетках в виде других защитных соединений. Лактоза хотя и проникает внутрь колеоптилей, но не запасается превращением в другие сахара. Раствор глюкозы требуется брать осмотически более крепкий, чем сахарозы, так как только в этом случае в клетках получается достаточное количество сахаров. Оптимальным для сахарозы является 12—16%-ный раствор. Как на более слабых, так и на более крепких первая фаза в тканях протекает хуже.

Так как озимые не имеют периода покоя, то у них ослабление ростовых процессов получается во время самого закаливания (Туманов

и Трунова, 1958). Анализы показывают, что в колеоптилях во время первой фазы закаливания уменьшается содержание как свободного, так и связанного ауксина. Что свободные ауксины в клетках влияют на их морозостойкость, доказывалось ухудшением закаливания колеоптилей после прибавления к 12%-ному раствору сахарозы повышенной концентрации индолуксусной кислоты (200 мг на 1 л). Способность клеток развивать устойчивость зависит также от их физиологического состояния. Большое усиление морозостойкости наблюдается только у молодых колеоптилей.

На Станции изучалась и вторая фаза закаливания. Удобным для этого объектом оказались северные древесные породы. Их устойчивость из-за трудности получения в лаборатории очень низких температур оставалась почти неисследованной. В природных условиях они, как правило, не вымерзают.

Прежде всего опытами была выяснена морозостойкость северных деревьев при той естественной закалке, которая наблюдается в Подмосковье. В течение трех лет (1955—1957) А. А. Красавцев вместе со мною определял устойчивость ветвей березы, сосны, дуба, ели, липы, яблони и других пород. В этом случае охлаждение их в лабораторных шкафах начиналось с той температуры, которая в тот день была на открытом воздухе, и оно проводилось с быстротой, исключающей дополнительное прохождение второй фазы закаливания. Однолетние побеги березы, ели и яблони в разные сезоны вымерзают при резко различных температурах. Летом они погибают при -5 и -7° , зимой же береза и сосна выдерживают до -65° , ель до -50° и яблони до -40° . В зависимости от характера погоды максимальная морозостойкость у одной и той же породы может достигать разного уровня. Например, у березы она в один год была 50, а в другой год -65° .

Привлекает внимание сильное увеличение устойчивости древесных в начале зимы и резкое падение ее весной. В первом случае имеет место закаливание при отрицательных температурах (вторая фаза), а в последнем наблюдается переход клеток из морозостойкого состояния в вегетирующее. У сзимых вторая фаза протекает при сравнительно слабом похолодании (от -3 до -8°). Теперь нашими опытами выяснено, что у северных деревьев этот процесс продолжается и при сильных морозах. Эти наблюдения побудили начать изучение закаливания устойчивых объектов при разных отрицательных температурах. Оказалось, что морозостойкость у северных пород развивается при постепенном и медленном усилении морозов.

Яблоня Грушовка московская после обычного в природных условиях Подмосковья закаливания вымерзает при -40° . Создавая в лаборатории более благоприятную внешнюю среду для второй фазы, можно повысить устойчивость ветвей этой породы настолько, что они после суточного пребывания при -60° затем раскрывают в тепле почки и цветут, хотя древесина у них и подмерзла (рис. 3). Эти объекты выдерживали даже -100° , но с большими повреждениями. Регулированием второй фазы закаливания еще более разительная морозостойкость до-

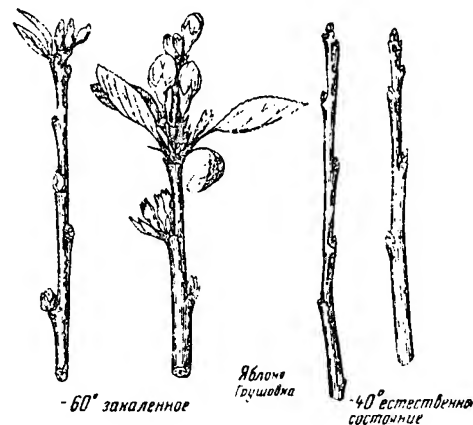


Рис. 3. Морозостойкость яблони Грушовка московская зимой: слева — после дополнительного лабораторного закаливания; справа — без него

стигается у березы. Ее побеги после длительной оттепели погибали при -40° . Такие же ветви, пройдя в лаборатории надлежащую подготовку, выжили затем при -100° , а с повреждениями при -195° (рис. 4). В теплые зимы ель вымерзала при -30° , а лабораторной подготовкой удавалось поднять ее устойчивость до -100° , а с повреждениями — до -195° . Выживание опытных ветвей в наших работах доказывается способностью их к последующему росту.

Деревья северной полосы способны развивать необычайно высокую морозостойкость. После успешного прохождения второй фазы закаливания они сохраняются живыми не только при самых сильных мо-

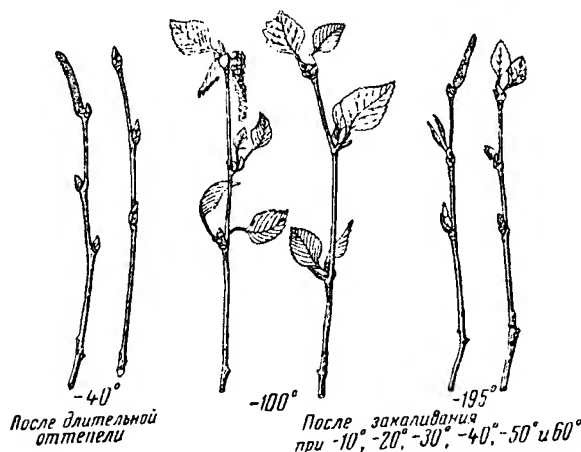


Рис. 4. Морозостойкость ветвей березы зимой. Слева — 40° после длительной оттепели; — 100° и — 195° после дополнительного лабораторного закаливания

розах, какие наблюдаются на земной поверхности (-80°), но и при значительно более низких температурах (-195°). Такая исключительно высокая устойчивость у древесных была впервые получена лабораторным закаливанием. Этим путем доказано, что взятые объекты являются потенциально не вымерзающими на земной поверхности. Гибель же их в некоторые зимы получается вследствие того, что они были не в состоянии развить максимальную морозостойкость из-за неблагоприятно сложившихся в подготовительный период внешних условий.

Теперь можно ставить интересный в теоретическом отношении вопрос: нельзя ли дальнейшими поисками оптимальных условий для закаливания повысить настолько устойчивость северных деревьев, чтобы они могли вынести даже температуру, близкую к абсолютному нулю? Сухие семена и высушенные инфузории, водоросли, лишайники, мхи, а также споры бактерий и грибов способны к этому (Besquerel, 1950). В наших же исследованиях идет речь о том, чтобы то же явление получить и у клеток, насыщенных водой, что, несомненно, значительно труднее и никак еще не достигнуто.

В природных условиях деревья обычно не развивают возможной у них рекордной устойчивости из-за плохого закаливания при отрицательных температурах. Неблагоприятное действие оказывают резкие их колебания. Даже в Сибири, где оттепели отсутствуют, в солнечные дни зимой ветви нагреваются значительно сильнее, чем воздух. К вечеру же в результате быстро протекающего охлаждения тканей клетки не успевают пройти закаливание.

Полученные данные об огромном значении для северных древесных пород второй фазы не умаляют и первой фазы. Ветви, срезанные в конце лета и весной, не удастся успешно закалить в лаборатории действием только отрицательных температур.

При изучении морозостойкости клеток необходимо следить под микроскопом, как происходит замерзание тканей. О. А. Красавцев (1957) сконструировал охлаждаемый столик, на котором можно рассматривать срезы при любых температурах до -80° (рис. 5). Жидкий азот, налитый в дюаровские сосуды, охлаждает медные полоски, которые благодаря высокой теплопроводности передают холод срезу, лежащему в ка-

мере под микроскопом. Температура измеряется на столике термоэлементом и регулируется величиной погружения медных пластинок в жидкий азот. Это осуществляется приспособлением, позволяющим поднимать и опускать дюаровские сосуды. Во избежание образования изморози на стеклах объектив микроскопа и камеру с препаратом окружают слоем ваты.

При работе с менее низкими температурами удобна камера, сконструированная Ю. А. Самыгиным. Ее охлаждение достигается током рассола,

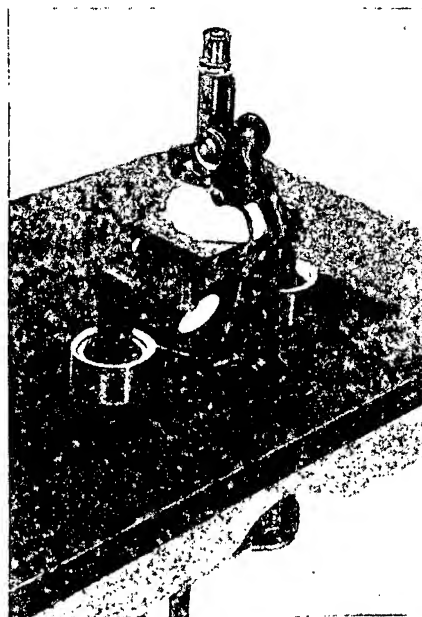


Рис. 5. Приспособление для глубокого охлаждения (до -80°) столика микроскопа жидким азотом

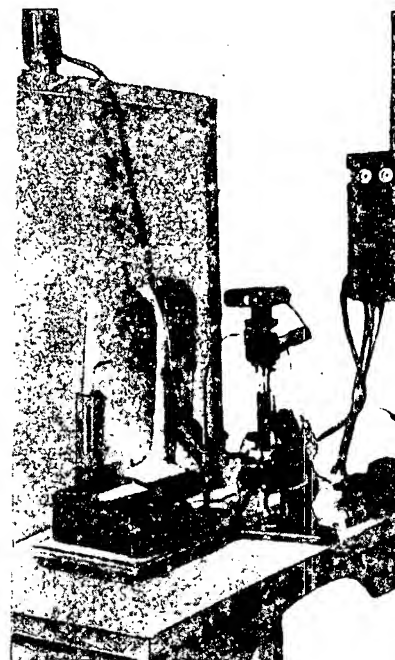
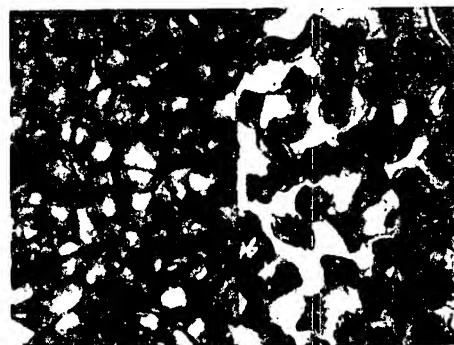


Рис. 6. Столик микроскопа охлаждается током рассола из холодильной установки

который подается насосом из холодильной установки (рис. 6). Рис. 7 показывает полисадную паренхиму листа капусты до и после заморзания (вид сверху сквозь эпидермис). При -4° содержимое клетки резко уменьшается в объеме и каждая из них окружается большим количеством льда. Когда охлаждение происходит быстро, лед образуется внутри клеток.

Рис. 7. Клетки полисадной паренхимы листа капусты, рассматриваемые сквозь эпидермис: *слева* — при комнатной температуре; *справа* — при -4°



Иногда встречается, что в одном и том же срезе имеются клетки со льдом внутри, а соседние без него (рис. 8). При повышении температуры сростные кристаллы превращаются в сплошные глыбки льда (рис. 9).



Рис. 8. Эпидермис лука при -8° : две клетки заполнены льдом, а остальные сохранились незамерзшими



Рис. 9. Клетки эпидермиса капусты при $-1,5^{\circ}$. Превращение при ослаблении мороза сростков кристалликов в сплошную массу

Клетки эпидермиса лука, внутри которых был лед, после оттаивания все погибли. Другие сохранили красный пигмент: в них льда внутри протопласта не было, и они остались живыми.

В настоящее время мало известно о жизни растений в заморзшем состоянии. При этих условиях биохимические процессы у них резко подавляются, иллюстрацией чему может служить интенсивность дыхания. По определениям З. Г. Ракитиной, интенсивность дыхания у веток сосны



Рис. 10. Влияние температуры почвы: слева — при 28–30°; справа — при 12–14°; верхний ряд — виноград и томаты; нижний — перец и табак

и березы, не повреждаемых зимой морозами, сильно ослабляется при отрицательных температурах по сравнению с летними. С усилением морозов до -22° интенсивность дыхания настолько снижается, что требуется значительный срок, чтобы можно было обнаружить изменения в составе окружающего воздуха. Таким образом, во время суровых зим наши северные деревья находятся длительное время в сильно обезвоженном (льдообразованием) состоянии с малой заметной биохимической деятельностью.

Характерная особенность зимующих растений — обогащение их внутренней атмосферы углекислотой. Анализы, сделанные З. Г. Ракитиной, показали, что содержание CO_2 внутри побегов ели было при разных температурах следующее: от $+2$ до $0^{\circ} = 4,6\%$; при $-6^{\circ} = 13,1\%$; при $-20^{\circ} = 19,3\%$. Можно предполагать, что накопление CO_2 при усилении морозов получается не только вследствие увеличения ее растворимости в воде, но и в результате затруднения диффузии газов из заморзшего растения, в котором протопласт оказывается сильно уплотненным.

Исследования по жаростойкости, проводимые Ю. Г. Молотковским показали, что проростки фасоли, выдержанные предварительно в течение 12 часов на 0,1 молярном растворе азотнокислого аммония, при проращивании их в течение трех часов при $+42,5^{\circ}$ отмирали, а контрольные лишь

слабо повреждались. Эти опыты показывают возможность гибели растений при высокой температуре от самоотравления клеток аммиаком. Накопление последнего при нагреве действует токсически. В нормальных условиях такого повреждения не наблюдается. При помощи ингибиторов установлено, что процесс дыхания оказывает защитное действие и повышает жаростойкость растений. При высокой температуре происходят неблагоприятные изменения в азотистом обмене: получается путем гидролиза накопление аминокислот.

Применяя в специальных термостатах обогрев или охлаждение, можно изучать работу корневой системы при разном тепловом режиме. Экспериментами Р. Л. Винокур показано, что многие южные формы растут в теплой корнеобитаемой среде. Виноград и томаты, табак и перец (рис. 10) и другие культуры дают более мощные растения при температуре почвы $+28^{\circ}$ — 30° , чем при $+12$ — 14° . Приступлено к выяснению, каким образом утепление корневой системы способствует улучшению роста всего организма. Одним из многих факторов, действующих в этом направлении, является влияние температуры на передвижение из корней в листья минеральных элементов. Опыты показали, что радиоизотоп фосфора (P^{32}) накапливается в надземных органах лимона, растущего на теплой почве, в значительно большем количестве, чем на холодной (рис. 11). Установлен и другой интересный факт. Радиоизотоп фосфора поступает в листья и другие вегетативные части даже на теплой почве во много раз интенсивнее на свету, чем в темноте. В дальнейшем предполагается поставить опыты с влиянием температурного фактора на органы плодоношения и изучить таким путем действие их нагрева или охлаждения на величину и качество урожая.



Рис. 11. Влияние температуры почвы на передвижение радиоизотопа P^{32} из корней в верхушки побегов лимона: вверх — при 33° ; вниз — при 15°

ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Практический интерес представляет прежде всего изучение устойчивости сортов и культур к суховею. Этим фактором воздействовали на разные объекты в одной из климатизированных оранжерей. В последней в течение 10—12 час. поддерживался ветер с 25—28%-ной относительной влажностью воздуха при температуре $+42^{\circ}$. В опытах П. А. Генкеля и К. А. Бадановой выяснилось влияние предпосевного закаливания семян на последующую устойчивость полученных из них растений к воздушной засухе. Сначала семенной материал набухал до определенного содержания в нем воды, затем в течение 36—48 час. при комнатной температуре медленно высушивался. Томаты Эрлиана, выращенные из контрольных семян, сильно повреждались указанным суховеем, а из обработанных — благополучно его выдерживали (рис. 12). Повышение устойчивости к воздушной засухе получены также от закаливания семян у подсолнечника и кукурузы Минезота Экстра.

Предложенный прием эффективен для повышения устойчивости растений и к почвенной засухе. В этом случае была применена гравий-

ная культура с питательным раствором Кнопа. Подсушивание корнеобитаемого слоя достигалось тем, что вазон с гравием вынимали из нижнего сосуда с питательным раствором.



Рис. 12. Влияние предпосевного закаливания семенного материала по способу П. А. Генкеля на устойчивость томатов Эрлиана к суховею: *слева* — контроль; *справа* — растение, выращенное из обработанных семян

Томаты Эрлиана из семян, которые до посева подвергались набуханию с последующим высушиванием, показали себя более устойчивыми и к почвенной засухе.

Мало изученным остается еще влияние на растения таких градаций влажности воздуха, которые, не оказывая повреждающего действия, ухудшают или рост, или плодоношение. З. О. Журбицкий выращивал томаты одни при 50%-ной относительной влажности воздуха, другие — при 75%-ной. Как видно из рис. 13, в более влажной атмосфере растения получались значительно мощнее, но урожай плодов был у них меньше (1100 г); в более сухой среде рост надземных частей был слабее, но урожай плодов оказался более высоким (1600 г).

Анализы показали, что при влажности воздуха, равной 75%, растения усваивали больше калия и фосфора и меньше азота. При этих условиях снабжение плодов азотом было хуже: в них его переходило до 40%, а при

50%-ной относительной влажности воздуха — до 60%. Из этого опыта следует, что у томатов во влажной атмосфере наблюдается более силь-

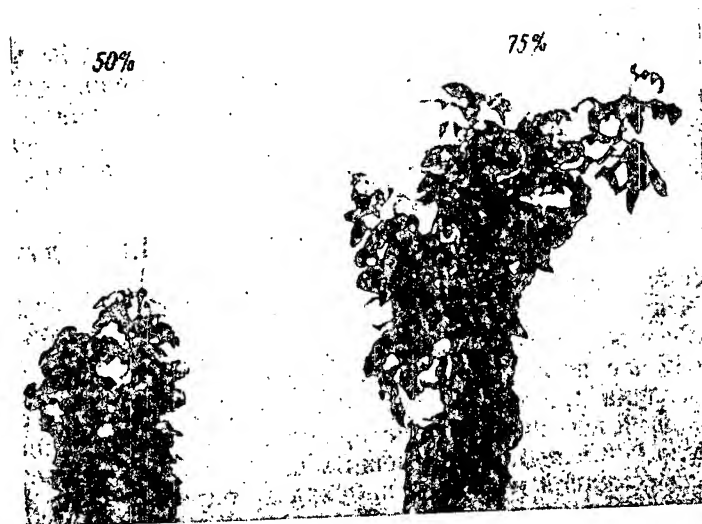


Рис. 13. Влияние различной влажности воздуха на мощность растений и урожай томатов: *слева* — растение росло при 50%-ной; *справа* — при 75%-ной относительной влажности воздуха. Столбики показывают величину урожая плодов

ное развитие вегетативных органов. Доминирующее их положение в организме ухудшает рост плодов. Здесь мы встречаемся с взаимодействием вегетативных частей и органов плодоношения.

ВЛИЯНИЕ СВЕТОВОГО РЕЖИМА

Из-за неполной еще готовности осветительных установок на Станции не удалось поставить опыты по выяснению влияния на разные растения интенсивности и качества света. Различная степень освещенности получается изменением расстояния между люминесцентными светильниками и объектами. Более мощный поток лучистой энергии достигается комбинацией ламп накаливания с люминесцентными. Перспективным является исследование действия спектрального состава света на рост, развитие и продукты фотосинтеза. Предполагается также выяснить значение этого фактора при закаливании растений к морозу, на вхождение их в состояние покоя, а также на выход из него. Разные участки спектра получают применением люминесцентных ламп с различными люминофорами. Многообещающей является работа с прерывистым светом с различной длительностью и мощностью вспышки. В опытах с варьированием освещения будет излучаться как физическая сторона явления (поглощение лучистой энергии листьями), так и возникающие физиологические изменения. Большая работа предстоит по нахождению для растений оптимального режима освещения подбором надлежащих источников света, необходимых как для нормального функционирования фитотрона, так и наиболее успешного применения светокультуры в практике овощеводства и цветоводства.

Перспективно дальнейшее изучение явления фотопериодизма. Уже много сделано по анализу влияния длины дня на зацветание растений, но мало работ по выяснению действия фотопериодических условий на ростовые процессы. В этом разделе внимание привлекает роль этого фактора как при вхождении в период покоя многолетних зимующих растений, так и при выходе из него.

В наших опытах показано влияние летней длины дня на рост многих северных древесных пород: березы, желтой акации, лиственницы и др. На коротком (14-часовом) фотопериоде березы получались низкорослые; они не ветвились, и осенью сеянцы сбросили все листья. На естественном московском дне была та же картина, только интенсивность роста была несколько больше. У однолеток, находившихся на непрерывном освещении, прирост превышал в несколько раз; многие почки распустились и образовали боковые ветви; сеянцы росли до холодов и сохранили листья.

Многие виды при длинном дне не вступают в период покоя, поэтому зимой они обычно вымерзают (Мошков, 1935; Якушева, 1945 и др.). В наших опытах определялась морозостойкость сеянцев березы, выращенных на различных фотопериодах. Все варианты в холодный период года были поставлены в благоприятные условия как для первой, так и для второй фаз закалывания, после чего они подверглись в охлаждаемых шкафах действию суровых морозов. Выяснилось, что однолетки березы, находившиеся до холодов на непрерывном освещении, затем могли использовать осенние короткие дни с низкими положительными темпера-

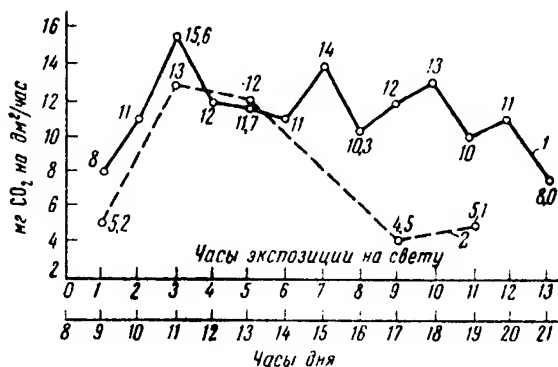


Рис. 14. Динамика фотосинтеза у ошурков. — при постоянных внешних условиях под люминесцентными лампами; ---- в летний пасмурный день

турами. Эти сеянцы вошли в период покоя и после закаливания способны были выдерживать без заметных повреждений -60° . Более суровым морозам они не подвергались: предполагалось, что однолетки не сохраняются и при этих. После же короткого естественного дня и последующего закаливания сеянцы березы выносили -194° . Дальнейшее изучение влияния разных фотопериодов на фоне благоприятной и холодной погоды обещает расширить теоретические представления о процессах подготовки растений к зиме.

Так как на Станции имеется возможность поддерживать внешние условия постоянными, то интересно было проследить при такой постановке опыта ритм фотосинтеза. Н. Н. Протасова поставила соответствующие эксперименты с огурцами. Под люминесцентными лампами наблюдалось более значительное усвоение CO_2 , чем на открытом воздухе в летний пасмурный день. Несмотря на константность в климатизированном помещении внешней среды (освещение, температура, влажность воздуха), интенсивность фотосинтеза показывает все же заметные колебания с постепенным ослаблением (рис. 14). В дальнейшем в подобных опытах предстоит проследить за ритмом и других физиологических процессов.

ВАРЬИРОВАНИЕ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ

Большое значение в жизни растений имеет то или иное плодородие почвы. Поэтому разработка физиологии оптимального режима минерального питания растений остается одной из основных задач. Привлекает внимание установление особенностей в корневом питании главных культур. Чтобы правильно выбрать срок и состав подкормок, необходимо выяснить потребность организма в питательных веществах в различные фазы его развития. Эффективность удобрений зависит не только от наследственных свойств сортов и культур, но и от режима погоды. Поэтому следует знать реакцию растения на то или иное корневое питание на фоне разных метеорологических сочетаний. Эти и многие другие вопросы можно изучать, пользуясь фитотроном, в частности при помощи метода безпочвенной культуры растений (на гравии). Этот способ в Советском Союзе уже успешно применяют В. А. Чеснокова и Е. Н. Базырина (1957).

Выращивание растений на инертной среде с раствором необходимых солей позволяет варьировать в широких пределах корневое питание. Это дает возможность успешно и быстро решать вопросы листовой диагностики потребности разных посевов и насаждений в тех или иных подкормках.

А. Ф. Агафонова выращивала без пересадки на гравии разные сорта томатов. Заполнение субстрата питательным раствором производилось насосом два раза в сутки. В этих условиях томаты росли хорошо. В связи с разработкой методики гравийной культуры А. Ф. Агафонова изучала значение для фасоли и шпината различных форм железа, добавляемых в питательный раствор. Железо, хелатированное этилендиаминотетрауксусной кислотой, оказывается более благоприятным, чем хлоридное и цитратное, особенно при кислой и щелочной реакции среды. Хелатированное железо относительно легко передвигается внутри растения. Анализы показывают, что минеральная форма железа (FeCl_3) и в значительной мере цитратная, накапливаются преимущественно в корнях, а хелатная проникает в больших количествах в листья и стебли. В последнем случае надземная масса и корневая система развивались лучше, а хлороз отсутствовал.

Выращивание растений на инертной среде позволяет шире развернуть изучение их солейности, так как раньше было трудно управлять качественным составом почвенного раствора. На Станции имеется воз-

можно выяснять действие на разные растения различных типов засоления: хлоридное, сульфатное, карбонатное, а также разнообразного их сочетания. К возникающим при этом вопросам относятся: значение концентрации солей, длительность их действия, чувствительность к ним организма в разные этапы его жизни, характер последствий после перехода на нормальное корневое питание. В дальнейшем предстоит выяснить также солестойкость растений при различных климатических режимах,

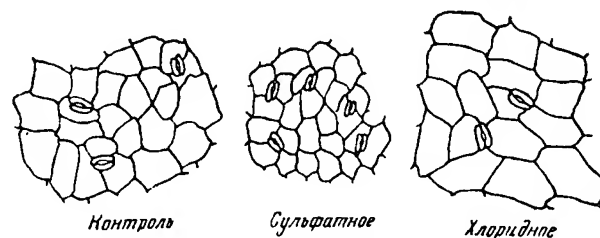


Рис. 15. Эпидермис листьев хлопчатника при разных типах засоления. Слева — на пресном фоне; центр — при сульфатном; справа — при хлоридном

например на фоне высокой температуры почвы и воздуха, при разной сухости последнего. Если перечисленные варианты сопровождать соответствующими анализами тканей, можно глубже проникнуть в организацию жизни сортов и культур при указанных неблагоприятных особенностях корнеобитаемого слоя. Для практики важна разработка способов диагностирования как степени засоления, так и чувствительности к нему растений, а также поиски путей повышения устойчивости посевов и насаждений.



Рис. 16. Влияние 1%-ного засоления почвы на хлопчатник. Слева направо: 1 — контроль; 2 — сульфатное; 3 — карбонатное; 4 — хлоридное засоление

Б. И. Строганов изучал влияние разных типов засоления на хлопчатник и нашел, что они вызывают в организме своеобразные морфологические и анатомические изменения. Как видно из рис. 15, наиболее мелко-клетное (ксероморфное) строение имеется при сульфатном засолении хлопчатника. Суккулентным характером отличается эпидермис при хлоридном: здесь клетки очень крупные, с повышенным содержанием воды, а проводящая система слабо дифференцирована. Промежуточное положение занимает эпидермис варианта на пресном фоне.

Рассматриваемые растворы оказывают специфическое действие не только на внешний облик растения и его строение, но они придают своеобразие и физиологическим отправлениям. Хлоридное засоление сильнее

подавляет рост и накопление сухого вещества, чем сульфатное (рис. 16). Так как рост клеток в последнем случае уменьшается сильно (мелкоклеточность), то хлориды, по-видимому, резко ослабляют деление и дифференциацию клеток, а сульфаты — их разрастание. Растения в первом случае имеют более слабую интенсивность транспирации, чем во втором. Поглощение воды при хлоридном засолении обеспечивается повышенной соcущей силой клетки вследствие увеличения осмотического давления клеточного сока, а при сульфатном — за счет более развитой корневой системы и проводящих путей. Дальнейшее углубленное изучение влияния различных солей поможет не только вскрыть механизм устойчивости, но и получить важные данные по физиологии клетки, лучше познать ростовые процессы и обогатить наши представления о биохимических превращениях.

КУЛЬТУРА ИЗОЛИРОВАННЫХ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

Одним из методов изучения физиологических функций является выращивание отрезанных органов и тканей (Бутенко, 1956; Смирнов, 1956).

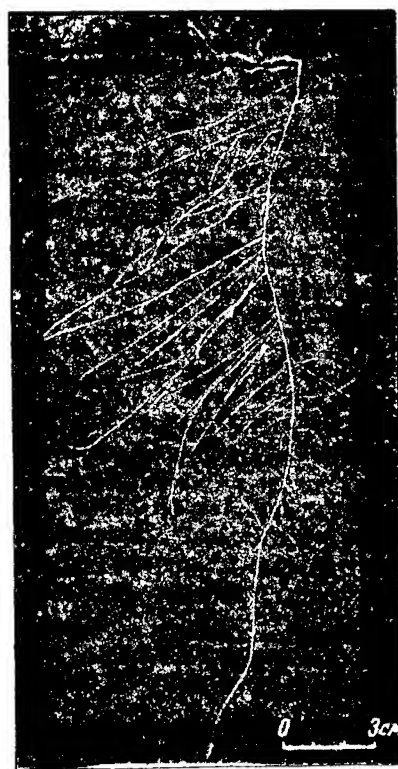


Рис. 17. Рост изолированного корня люцерны в стерильном питательном растворе: слева — исходный кончик корня; справа — тот же корень после 16 дней культуры

Этим способом пользовались раньше в Советском Союзе в отдельных исследованиях, но систематических работ еще не было. А. М. Смирнову (1956) на Станции удалось получить стерильные культуры непрерывно растущих изолированных корней ряда растений: томатов, моркови, яровой вики, красного клевера и люцерны при условии ежесуточного перевода их на свежий питательный раствор. У других видов: злаков, многих древесных, женьшеня, после нескольких пересевов рост прекращается и клетки отмирают. Сначала утрачивается способность к их делению у кончиков главных корней; тогда приходится использовать боковые.

Суточный прирост у корня люцерны 40—50 мм. За 16 дней он увеличивался в длину в 10 раз по сравнению с исходным размером (рис. 17). Установлено стимулирующее действие молибдена на изолированные корни вики, клевера и люцерны. Замена в питательной жидкости сульфата железа на цитрат улучшает рост этого органа.

Под влиянием физиологической деятельности корней внешняя питательная среда подвергается заметным изменениям. Вследствие избирательного поглощения ионов ее реакция сдвигается в щелочную сторону (рН с 4,6 до 5,5). Во внешнем растворе, содержащем только сахарозу, под влиянием вне-

клеточной ферментативной работы корней томатов и люцерны появляются редуцирующие вещества.

Мало исследована выделительная функция корневой системы. В связи с этим необходимо выяснить взаимодействие изолированных корней разных видов при совместной их культуре в стерильных условиях. Следует расширить изучение симбиоза бобовых с клубеньковыми бактерия-

ми. Большую работу предстоит выполнить по анализу действия различных физиологически активных веществ: гибберелловой кислоты, стимуляторов и тормозителей роста, витаминов и др. Много еще не хватает для понимания усвоения корнями органических форм фосфора, азота и других сложных соединений. Выяснение влияния разнообразных внешних условий помогут вскрыть изменения в жизнедеятельности корней и в их приспособлении к окружающей среде.

Методы стерильной культуры находят применение и при работе с целым организмом. А. М. Смирнов (1958) показал, что проростки люцерны содержат недостаточно углеводов.

Добавляя к стерильному агару 2%-ную сахарозу, он резко усиливал у этого растения мощность корневой системы (рис. 18). По-видимому, крайне медленный рост люцерны после посева, когда она легко заглушается сорняками, объясняется малыми запасами углеводов в семени.

Желательно расширить применение метода стерильной культуры изолированных тканей для решения вопросов биосинтеза алкалоидов и многих других веществ. М. С. Бардинская указанным способом



Рис. 18



Рис. 19

Рис. 18. Влияние добавления к агару 2%-ной сахарозы на рост корневой системы у проростка люцерны: *слева* — без сахарозы; *справа* — с сахарозой

Рис. 19. Рост изолированного каллуса моркови: *вверху* — контроль; *внизу* — при добавлении глюкозида кониферина

изучала процессы одревеснения клеточных оболочек. Отложение в них легнина, помимо теоретического интереса, имеет и практическое значение: «вызревание» древесины у плодовых культур связано с лучшей их подготовкой к зиме, а одревеснение соломины повышает устойчивость злаков к полеганию. В опытах с изолированными каллусами моркови удалось получить увеличение количества лигнина введением во внешнюю питательную среду одного из его предшественников: глюкозида кониферина. Усиление одревеснения доказывается микрохимическими

реакциями; оно сопровождается увеличенным приростом сухого вещества (рис. 19).

Метод культуры изолированных тканей широко применяется для изучения ростовых процессов и явлений дифференциации клеток. Р. Г. Бутенко (1956) провела опыты с каллюсами моркови, дикого винограда и топинамбура. Они выращивались на агаре при постоянных внешних условиях (температура 26°, влажность воздуха 70%) на различных питательных средах: Уайта, Геллера и Нича. Лучшие результаты дала последняя смесь; она отличается большим содержанием калия и азота.



Рис. 20. Прирученный каллюс корня моркови (клон Готре); культивируется в изолированном состоянии 20 лет

Продолжительность выращивания каллюса между пересевами была 1,5 месяца.

Размножали для опытов и изучали три типа каллюсов: 1) нормальный, т. е. требующий внесения в питательную среду ауксина. 2) галловый, растущий без прибавления ауксина, и 3) «прирученный» — он возник скачкообразно из нормального и отличается от последнего появившейся способностью синтезировать ауксин. Интерес представляет «прирученный» каллюс моркови (клон Готре), который в изолированном виде непрерывно растет уже 20 лет (рис. 20).

Замечена ясно выраженная сезонная периодичность в росте каллюсов. Несмотря на постоянные условия в климатизированном помещении и одинаковое питание, наблюдаются наиболее интенсивные ростовые процессы весной и в начале лета; в ноябре — январе они протекают слабее всего.

Не всегда удастся получить непрерывное увеличение размеров каллюса; например, у моркови на нем иногда появляются корни, а у цикория из него можно получить даже целое растение.

Выяснено различное отношение каллюсов к температуре. У моркови их рост при +5 до +8° останавливается, но они сохраняются при этих условиях в течение 3—4 месяцев. Будучи затем переставлены на оптимальный тепловой режим, они интенсивно увеличивают свой объем, и некрозы в ткани не обнаруживаются. Каллюсы же дикого винограда при указанных пониженных температурах не только не растут, но полностью отмирают в течение одного месяца. На свету увеличение размеров каллюса протекает медленнее.

Изучалось действие на рост каллюсов многих физиологически активных веществ; триходбензойной кислоты, аденина, гибберелловой кислоты, индолуксусной кислоты, гидразиды малиновой кислоты, этилового ксантогената натрия, кокосового молока и др. Из полученных результатов можно отметить, что аденин стимулирует образование почек, но побегов из них получаются видоизмененными. Малиновый гидразид при некоторых концентрациях задерживает рост на срок до 5,5 месяца, а при других вызывает некрозы.

Есть основание ожидать, что метод культуры изолированных органов и тканей найдет в дальнейшем еще более широкое применение. Он позволяет исключать коррелятивные взаимоотношения между разными органами, позволяет выяснять влияние на растения различных веществ, поступающих в клетки из внешней среды, дает возможность выращивать изучаемые объекты в контролируемой экспериментатором внешней среде при определенном режиме питания.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ

При изложении полученных результатов указывались и обосновывались направления физиологических работ на Станции. Все они проводились на фоне широкого варьирования факторов внешней среды: температуры воздуха и почвы, степени сухости атмосферы, интенсивности и качества света, длины дня, минерального питания и водного режима. К сказанному остается добавить немного.

Интересные данные можно получить при сравнительном изучении физиологии прорастания семян теплолюбивых и холодостойких видов. Все больше и больше привлекает к себе внимание предпосевная обработка семенного материала как прием воздействия на зачаточный организм.

Имеющиеся уже факты позволяют ожидать существенных результатов при изучении термопериодизма. Здесь предстоит вскрыть особенности этого явления у разных типов растений и понять его физиологический механизм.

До сих пор внимание исследователей было сосредоточено главным образом на переходе организма от вегетативного роста к генеративному развитию. Другая важная половина его жизни — от цветения до созревания — остается еще слабо изученной. В этом разделе возникает много вопросов, связанных с оплодотворением, завязыванием плодов, ростом последних и глубокими биохимическими изменениями, проходящими в них при созревании. Влияя различными внешними факторами на этом этапе жизни как на целый организм, так и на отдельные его части, необходимо расширить изучение физиологии отложения в органах размножения запасов углеводов, белков и жиров, а также установить условия, определяющие величину и качество урожая.

Физиологически активные вещества (стимуляторы и тормозители роста и другие) дают при воздействии ими на растения не всегда одинаковые результаты: их влияние заметно видоизменяется условиями внешней среды. Поэтому желательно проследить их действие при разном режиме погоды и попытаться найти более эффективные приемы применения этих препаратов в практике. Такой подход обещает более разностороннее понимание роли и механизма физиологических изменений при введении в организм определенных химических соединений.

Помимо общего анализа жизненных функций, фитотрон создает необходимые условия для разработки и частичной физиологии растений. Имеющиеся приспособления позволяют устанавливать хозяйственно важные особенности у сортов и культур, выяснять их поведение при различных климатических условиях и на фоне разнообразного плодородия почвы. Эту работу целесообразно вести физиологам в комплексе с селекционерами и агротехниками, сосредоточив ее в отраслевых институтах и на опытных станциях, где в недалеком будущем возникнут, вероятно, свои фитотроны.

Для осуществления этого одна из задач Станции — поставить богатую современную технику на службу растениеводческой науке. Эта работа проводится совместно с инженерами и имеет своей целью конструирование новых устройств и приборов. Например, Станция в отчетный период разработала проект установки для определения зимой морозостойкости плодовых деревьев непосредственно в саду. Подобное же сооружение может быть создано для определения устойчивости озимых посевов и многолетних трав в поле. В дальнейшем на основании полученного опыта предстоит разработать более простые и дешевые климатические машины, пригодные для решения практических вопросов в растениеводческих опытных учреждениях, а также помочь последним наладить исследовательскую работу. К фитотрону имеется в нашей стране большой интерес. Достаточно сказать, что в течение одного года Станцией были даны консультации 25 научным учреждениям по устрой-

ству, проектированию и работе климатических, холодильных и других сооружений.

Из всего сказанного видно, что фитотрон представляет хорошую экспериментальную базу. Он позволяет вести систематическую разработку таких вопросов, постановка которых раньше была невозможной из-за отсутствия соответствующей материальной обстановки. Имеющееся оборудование позволяет в сравнительно короткий срок исследовать многие сложные биологические явления, протекающие в растительном организме. Это дает возможность разбираться в поведении растения и в более сложной полевой обстановке при различном сочетании как климатических, так и почвенных условий, что облегчает решение практических задач в растениеводстве. В связи с таким значением описываемого нового типа лабораторий нельзя не пожелать скорейшего окончания как строительства, так и дооборудования первого советского фитотрона.

ЛИТЕРАТУРА

- Бутенко Р. Г. 1956. Культура изолированных тканей. Физиология растений, 3, 277—286.
- Красавцев О. А. 1957. Микроскопические наблюдения растительных объектов при очень низких температурах. Физиология растений, 4, 570—572.
- Мошков Б. С. 1935. Фотопериодизм и морозостойкость многолетних растений. Тр. прикл. бот., ген. и сел., серия III, 6, 232—261.
- Незговорюв Л. А. и Соловьев А. К. 1957. Холодостойкость прорастающих семян и патогенность почвы. Физиология растений, 4, 489—504.
- Смирнов А. М. 1956. Использование метода культуры изолированных корней в физиологии растений. Физиология растений, 3, 368—380.
- Туманов И. И. 1931. Закаливание озимых растений к низким температурам. Тр. прикл. бот., ген. и сел., 25, 69—109. — 1957. Станция искусственного климата. Вестн. АН СССР, 10, 111—116.
- Туманов И. И. и Красавцев О. А. 1955. Морозостойкость древесных растений. Физиология растений, 2, 320—333.
- Туманов И. И. и Трунова Т. И. 1957. Закаливание тканей озимых растений с помощью сахаров, поглощаемых из наружного раствора. Физиология растений, 4, 397—408. — 1958. Влияние ростовых процессов на способность к закаливанию тканей озимых растений. Физиология растений, 5, 112—122.
- Чесноков В. А. и Базырина Е. Н. 1957. Выращивание растений без почвы на искусственных средах. Вест. с.-х. науки, год второй, 121—120.
- Икушева Е. И. 1945. Морозостойкость клевера и люцерны в связи с условиями выращивания растений в предшествующий вегетационный период. Докл. Всес. совещ. по физиол. раст., вып. II, 147—159.
- Besquerel P. 1950. La suspension de la vie au-dessous de $1/20^{\circ}$ K absolu par demagnetisation adiabatique de l'alun de fer dans le vide le plus élevé. C. r. Acad. sci., 231, 261—263.
- Bouillenne R. et M. Bouillenne-Walrand, 1950. Le phytotron de l'Institut Botanique de l'Université de Liege. Archives de l'Institut Bo. 20, 1—61.
- Braak I. P. a Smeets L. 1956. The phytotron of the Institute of horticultural plant breeding at Wageningen, Netherlands. Euphytica, 5, 205—217.
- Went F. W. 1957. The experimental control of plant growth. Chronica Botanica, 17, 1—343.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Статья поступила в редакцию
16.VII. 1958 г.